



# Ignorancia consciente en el aprendizaje de las ciencias II: factores que influyen en lo que los alumnos saben que no saben

## Conscious ignorance in learning science II: factors influencing what students know that they do not know

Piedade Vaz-Rebelo

*Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação. Rua do Colégio Novo, 3000-115 Coimbra, Portugal*  
pvaz@mat.uc.pt

Paula Fernandes

*Escola E B 2,3 Dr. Abranches Ferrão. Seia, Portugal*  
pcssf@sapo.pt

Julia Morgado

*Escola Secundária Santa Maria do Olival. Tomar, Portugal*  
juliaqm@netcabo.pt

José Otero

*Departamento de Física y Matemáticas, Universidad de Alcalá. 28871 Alcalá de Henares, Madrid, España*  
jose.otero@uah.es

**RESUMEN** • La investigación en la didáctica de las ciencias ha examinado en detalle procesos de adquisición de conocimiento y comprensión del contenido científico. Sin embargo, se ha prestado menos atención a los papeles positivos de la incomprensión o el desconocimiento consciente. Este artículo es el segundo de dos trabajos de revisión y síntesis en los que se analiza el desconocimiento y la incomprensión conscientes de contenidos científicos. El primero se centra en los componentes y estructura de la incomprensión y en este segundo se examinan las variables que afectan al desconocimiento y a la incomprensión conscientes. En particular se revisan y sintetizan estudios sobre el efecto que tienen el conocimiento, las tareas y los criterios de coherencia en la consciencia de la incomprensión, o el desconocimiento de la ciencia, que se manifiesta generalmente a través de preguntas. Finalmente se sintetizan algunas de las implicaciones que tienen los estudios revisados para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

**PALABRAS CLAVE:** metacognición; ignorancia; incomprensión; desconocimiento; preguntas.

**ABSTRACT** • Much research in science education has focused on the processes of knowledge building and comprehension of scientific content. However, the positive roles of what is unknown or not understood have received much less attention. This article is the second one of two reviews that analyze the nature of what is consciously unknown or not understood about science content. The first paper focused on the components and structure of incomprehension. This second paper examines the variables influencing what is consciously not known or not understood. In particular we review and synthesize studies about the influence of knowledge, tasks, and standards of coherence on the awareness of lack of knowledge or the incomprehension of science, that is made explicit through questioning. Finally, we synthesize some implications of the revised studies for science teaching and learning.

**KEYWORDS:** metacognition; ignorance; incomprehension; unknowns; questions.

Recepción: febrero 2015 • Aceptación: septiembre 2015 • Publicación: marzo 2016

Vaz-Rebelo, P., Morgado, J., Fernandes, P., Otero, J., (2016) Ignorancia consciente en el aprendizaje de las ciencias II: factores que influyen en lo que los alumnos saben que no saben. Enseñanza de las Ciencias, 34.1, pp. 91-105

## INTRODUCCIÓN

Los obstáculos que encuentran los estudiantes cuando intentan adquirir conocimiento, o cuando intentan comprender, han sido analizados a fondo por los investigadores interesados en las concepciones alternativas, el cambio conceptual, la comprensión de textos, la metacognición y varias otras áreas, incluidas algunas específicas de la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, se ha prestado menos atención a la percepción de los propios estudiantes sobre sus obstáculos de conocimiento y comprensión que, para abreviar, en lo que sigue sustituiremos en ocasiones por el término «ignorancia». Este artículo es parte de un conjunto de dos trabajos de revisión y síntesis sobre la consciencia de la propia ignorancia cuando se aprende ciencia. En el primero de los artículos (Maturano, Ishiwa, Macías y Otero, 2015), se analiza la naturaleza de la ignorancia consciente, ilustrándolo en el caso de la comprensión de un texto simple de ciencias. En este segundo artículo se trata específicamente de los factores que afectan a la ignorancia consciente.

La importancia del análisis de la ignorancia consciente en el proceso de aprendizaje de la ciencia escolar se justifica, en primer lugar, por el papel fundamental que la consciencia del desconocimiento y de la incompreensión, expresadas a través de la formulación de problemas de investigación, juegan en la actividad científica. En la obra clásica «La física, aventura del pensamiento», al discutir el problema de la medida de la velocidad de luz, Eintein e Infeld (1996) recalcan la importancia de plantear interrogantes apropiados en la investigación científica: «La formulación de un problema es a menudo más esencial que su solución, que puede ser cuestión de técnicas matemáticas o experimentales. Para plantear nuevos problemas... se requiere una imaginación creadora y esto determina un avance real de la ciencia» (p. 83). En correspondencia con esta importancia, en la enseñanza de la ciencia se ha reconocido que formular problemas fructíferos, es decir identificar desconocimiento e incompreensión de interés, es esencial en los enfoques de enseñanza y aprendizaje mediante la investigación (Chin y Kayalvizi, 2002), en el aprendizaje basado en problemas (Hmelo-Silver, 2004), o en la organización del currículum de ciencias alrededor del desconocimiento manifestado por los estudiantes (Gallas, 1995). Además, ser consciente de la propia ignorancia es una condición esencial para la autorregulación del proceso de adquisición de conocimiento y comprensión de la ciencia, de forma que el alumno progrese evaluando lo que le falta por recorrer desde su estado actual hasta la meta de conocimiento y comprensión que debe ser alcanzada (Montalvo y González-Torres, 2004). En temas más específicos, se ha comprobado también el beneficio que tiene para el aprendizaje de las ciencias la ignorancia consciente expresada en forma de preguntas o de propuestas de problemas (Chin y Osborne, 2000; Márquez y Roca, 2009; Maskill y Pedrosa de Jesus, 1997). Finalmente, el reconocimiento, al menos, de los problemas que dieron lugar a las respuestas conceptuales que se incluyen en el currículum escolar se ha recomendado como una estrategia útil para mejorar las capacidades metacognitivas en el aprendizaje de las ciencias (Campanario, 2000).

De acuerdo con lo que se acaba de exponer, parece relevante preguntar acerca de las características de la ignorancia consciente de los estudiantes sobre contenidos científicos, y acerca de los factores que influyen en la creación de esta ignorancia consciente. La respuesta a estas preguntas implica, en primer lugar, una caracterización adecuada de esta ignorancia. ¿Debe ser entendida como un vacío que refleja la simple falta de conocimiento o comprensión o tiene algún tipo de estructura? En un artículo anterior (Maturano, Ishiwa, Macías y Otero, 2015), abordamos esta cuestión analizando la estructura de la incompreensión de que son conscientes alumnos de enseñanza secundaria y de universidad que leen textos breves de ciencias. El análisis partió del carácter constructivo de la ignorancia consciente: al igual que sucede con la comprensión, los sujetos construyen su ignorancia a partir de lo que conocen, y no como resultado de un hallazgo pasivo en el océano de lo desconocido (Gross, 2007; Otero e Ishiwa, 2014; Stocking y Hollstein, 1993). En otras palabras, lo que puede ser conscientemente desconocido

o incomprendido de un fenómeno natural descrito por un texto, por ejemplo, se basa en lo que se puede conocer y comprender acerca de ese fenómeno. El conocimiento, por tanto, es una de las variables determinantes en la construcción de la ignorancia consciente pero no es la única que condiciona esta construcción. Tiene interés, por tanto, examinar las variables que influyen en la construcción de la ignorancia que un alumno de ciencias pueda manifestar sobre un fenómeno natural descrito por un texto, o sobre objetos o procesos estudiados en la clase de ciencias. En este artículo se examinan tres de estas variables: el conocimiento, la tarea, y los criterios de coherencia que mantiene el alumno. Los tres apartados siguientes se destinan al análisis de cada una de ellas. En el cuarto apartado se mencionan brevemente otras variables, como el interés o las características del contenido, cuyo análisis detallado escapa de los límites del artículo, pero que previsiblemente influirán también en esta construcción. Finalmente se sintetizan algunas conclusiones e implicaciones de los análisis anteriores para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

## ALGUNAS VARIABLES CON INFLUENCIA EN LA IGNORANCIA CONSCIENTE

### El conocimiento

Lo que una persona conoce tiene una influencia crucial en lo que esa persona desconoce o es consciente de que no comprende. Esta influencia es consistente con una suposición básica de los estudios sociológicos e históricos sobre el desconocimiento: la ignorancia consciente aumenta a medida que el conocimiento aumenta (Einsiedel y Thorne, 1999; Jaeger, Renn, Rosa y Webler, 2001; Stocking y Hollstein, 1993). La idea se sintetiza en la metáfora de la isla de conocimiento rodeada por un océano de ignorancia inconsciente o «metaignorancia», es decir, lo que no se sabe que no se sabe (Otero e Ishiwa, 2014; Smithson, 2008). La ignorancia consciente se produce en la frontera entre la isla del conocimiento y el océano de la metaignorancia, y es mayor a medida que el conocimiento, es decir, el perímetro de la isla, aumenta.

Un efecto obvio del conocimiento en la identificación del desconocimiento y la incompreensión queda ilustrado de un modo informal en las preguntas efectuadas en estudios como el de Caldeira, Macías, Maturano, Mendoza y Otero (2002), en el que participaron alumnos de segundo curso de enseñanza primaria (alrededor de 6 años), alumnos de último año de la enseñanza secundaria, y alumnos de primer curso de universidad. Se trataba de identificar la ignorancia consciente de estos alumnos cuando se presentaba información sobre un fenómeno natural (olas en el mar) mediante un texto o mediante una película. Un componente esencial del conocimiento, los conceptos de los que disponemos para describir el mundo, actúa como prerrequisito de la ignorancia consciente. Los alumnos de segundo curso de enseñanza primaria no hacían pregunta alguna sobre las corrientes submarinas, por ejemplo, un concepto que probablemente era desconocido para ellos, mientras que sí las hacían los alumnos de la enseñanza secundaria y de universidad. La incompreensión de la que eran conscientes los alumnos más jóvenes se refería a procesos generales representados por conceptos básicos como «mover» o «agua»: *¿Por qué el agua va arriba y abajo?* Sin embargo, los alumnos de enseñanza secundaria y universidad eran capaces de identificar desconocimiento e incompreensión sobre otros objetos y procesos, correspondientes a conceptos más complejos como «amplitud», «periodo» o «longitud de onda»: *¿La amplitud y el periodo de las olas tiene que ver con la longitud de onda?* La conclusión obvia es que un alumno no será consciente de desconocimiento sobre un objeto o un proceso si no dispone de un concepto para representarlo.

El papel del conocimiento en el reconocimiento de la propia ignorancia ha sido puesto de manifiesto de manera más precisa en otros estudios sobre la generación de preguntas (Flammer, 1981; Miyake y Norman, 1979; Van der Meij, 1990). Muchos de estos estudios han encontrado una relación positiva

entre el conocimiento y la calidad del desconocimiento o la incompreensión expresados a través de las preguntas. Por ejemplo, Torres, Duque, Ishiwa, Sánchez, Solaz-Portolés, y Sanjosé (2012) analizaron las preguntas efectuadas por alumnos de segundo de Bachillerato y de cuarto de ESO sobre fenómenos sorprendentes, como el funcionamiento del ludión o el cambio de color de una disolución que se agita. Entre otros resultados, encontraron que los estudiantes de segundo de Bachillerato, supuestamente con mayor conocimiento, formulaban más preguntas causadas por huecos o inconsistencias en un modelo científico de la situación, que los alumnos de cuarto de ESO. Resultados similares sobre el efecto del conocimiento fueron encontrados por Scardamalia y Bereiter (1992) al analizar las preguntas hechas por alumnos de enseñanza primaria sobre combustibles fósiles y sobre especies en peligro de extinción. Encontraron que los alumnos ajustaban la clase de preguntas a su nivel de conocimiento sobre el tema. Los alumnos tenían un conocimiento escaso sobre los combustibles fósiles y, por tanto, hacían preguntas que reflejaban una clase de desconocimiento básico expresado a través de preguntas del tipo *¿Qué es X?*, como *¿Qué son los combustibles fósiles?*, o preguntas dirigidas a características relativamente simples de los elementos considerados, como sus partes o composición: *¿De qué están hechos los combustibles fósiles?* Sin embargo, este desconocimiento básico era menos frecuente cuando los alumnos preguntaban sobre el tema de las especies en peligro de extinción, que era más conocido por ellos. El desconocimiento en este caso era más elaborado y se expresaba a través de lo que Scardamalia y Bereiter (1992) llaman «preguntas de asombro», es decir, preguntas que reflejan especulación y elaboraciones basadas en el conocimiento sobre el tema, por ejemplo, *¿Cómo cuentan los científicos una especie para saber que está en peligro?*

En la misma línea, Van der Meij (1990) comparó las preguntas efectuadas sobre palabras como «demorado» (*tardy*), cuyo conocimiento variaba entre los alumnos de 11 años que participaban en el experimento. Encontró que los alumnos con peor conocimiento de las palabras producían preguntas que reflejaban «una búsqueda poco específica de información sobre la palabra en cuestión» (p. 506). De nuevo, poco conocimiento corresponde a un desconocimiento más impreciso. También, Paradis y Peverley (2003) hallaron diferencias del mismo tipo en el desconocimiento de alumnos de 11 años que estudiaban fracciones en grupos cooperativos. Los alumnos con menos conocimiento, a diferencia de sus compañeros con más conocimiento, no hacían las preguntas apropiadas para mejorar su comprensión de las fracciones.

Los estudios de Graesser y Olde (2003) y Graesser, Olde, Pomeroy, Whitten, Lu y Craig (2005) sobre fallos en dispositivos mecánicos, como las cerraduras, también ilustran la influencia del conocimiento en el reconocimiento de lo desconocido. Los alumnos universitarios que participaron en los experimentos tenían la tarea de identificar el origen de los fallos en el funcionamiento de una cerradura haciendo preguntas. Los alumnos con más conocimiento técnico fueron capaces de formular preguntas sobre los componentes y procesos que podían explicar el mal funcionamiento, es decir, fueron capaces de identificar el desconocimiento crucial, al contrario que los alumnos con menos conocimiento. Estos últimos hacían preguntas más globales e imprecisas o se interesaban por componentes o procesos desconocidos que no explicarían el fallo. Su desconocimiento e incompreensión consciente resultaba de menor calidad.

La importancia del conocimiento en la consciencia del desconocimiento se manifiesta especialmente en el estudio de Vaz, Fernandes, Morgado, Monteiro y Otero (2014). Los investigadores analizaron el desconocimiento manifestado por alumnos de enseñanza básica (12 años) y de enseñanza secundaria (17 años) sobre objetos naturales y artefactos, como «intestino» o «pila», normalmente considerados dentro del currículum de ciencias. El desconocimiento fue clasificado en este caso en varias categorías que corresponden a los elementos de conocimiento que los lexicógrafos distinguen en las definiciones que se pueden encontrar típicamente en los diccionarios. Por ejemplo, el desconocimiento podía referirse a que el objeto pertenezca, o no, a una categoría supraordenada (*¿Es una planta?*), a características

intrínsecas del objeto, como el tamaño (*¿Es grande?*), o a su función (*¿Para qué sirve?*). Había también una categoría general de desconocimiento, llamada “Qué” consistente en el desconocimiento difuso que se expresa a través de preguntas ambiguas de la clase *¿Qué es X?*, que se mencionaron anteriormente en relación con el trabajo de Scardamalia y Bereiter (1992). Entre otros resultados, se encontró, como era de esperar, que estas preguntas correspondientes a desconocimiento impreciso eran hechas con más frecuencia por los alumnos de enseñanza básica, con menos conocimiento, que por los alumnos de enseñanza secundaria. De nuevo, el conocimiento se mostró fundamental en la identificación de desconocimiento preciso.

Finalmente debe apuntarse que el conocimiento también influye en la consciencia de la ignorancia manifestada de otras maneras que mediante preguntas, como en la generación de problemas. Lee y Cho (2007) estudiaron las variables que influyen en problemas que alumnos de 11 años eran capaces de generar en relación con las mareas. Se distinguía una condición poco estructurada, en la que simplemente se describía mediante un texto breve el fenómeno de las mareas en una situación natural. Había también una condición moderadamente estructurada en la que el profesor daba información y datos sobre la mareas para que los alumnos generasen preguntas y problemas. Los investigadores encontraron que el conocimiento científico de los estudiantes era el factor determinante en la originalidad y el valor de los problemas generados en la situación poco estructurada. Apuntan que el resultado es consistente con la relación que los investigadores han descubierto entre la capacidad de encontrar problemas en la ciencia y el conocimiento científico de los investigadores.

En resumen, el conocimiento, una variable individual, influye especialmente en la naturaleza y calidad de la ignorancia que son capaces de reconocer los alumnos. Pero existen otras variables que también influyen en la consciencia del desconocimiento y la incompreensión. La tarea que enfrenta el alumno, y la meta de aprendizaje asociada a ella, son otras de estas variables, y se consideran a continuación.

### La tarea y la meta asociada

La ignorancia construida por un sujeto que procesa cierta información depende de la tarea a la que se enfrente y de la meta de procesamiento asociada a esta tarea. Este efecto se pone especialmente de manifiesto en estudios sobre la incompreensión consciente en tareas de lectura. Ishiwa, Sanjosé y Otero (2013; Maturano *et al.*, 2015) analizaron específicamente la estructura de la incompreensión consciente de un texto en términos de componentes que dependen de la representación mental que el lector intenta crear. Pero qué constituye una representación mental adecuada para un determinado lector varía con la meta de lectura. Uno de los supuestos básicos de las teorías constructivistas de comprensión del discurso, como la de Graesser, Singer, y Trabasso (1994), es el carácter intencional de la lectura. Varios estudios ponen de manifiesto que, dado el mismo «input» textual, distintas metas de lectura llevan a la creación de distintas representaciones del discurso. Por ejemplo, Van den Broek, Lorch, Linderholm, y Gustafson (2001) encontraron que lectores con una meta de estudio realizaban más inferencias explicativas y predictivas que los lectores del mismo texto con una meta de entretenimiento. Mills, Diehl, Birkmire y Mou (1995) hallaron efectos similares de la meta al estudiar el efecto de tareas consistentes en leer un texto procedimental para recordarlo o leerlo para realizar la tarea descrita por el texto. De acuerdo con las predicciones, los lectores en la primera condición recordaban mejor el texto, mientras que los lectores en la segunda condición realizaban mejor la tarea. Los autores concluyeron que los sujetos, en esta segunda condición de «leer para hacer», se centran en la construcción de un «modelo de la situación», es decir, en la representación de la situación descrita por el texto construida incluyendo conocimiento del lector (véase Maturano *et al.*, 2015). Los lectores en la condición «leer para recordar» enfatizan la creación de una representación en el nivel llamado «base de texto», es decir,

la representación de los significados con mínima aportación del conocimiento del lector (Maturano *et al.*, 2015). Por tanto, dado un texto determinado, se espera que distintas metas de lectura lleven a la creación de diferentes representaciones mentales y, como consecuencia, a distintos obstáculos e incompreensión consciente del lector.

Ishiwa *et al.* (2013) examinaron precisamente la influencia de distintas metas de lectura en los obstáculos encontrados por alumnos del primer curso de una licenciatura en Biología, que seguían una asignatura de Física General, y alumnos de los tres primeros cursos de una Facultad de Magisterio, que seguían un curso de ciencia para no científicos. Dos párrafos, sobre navegación a vela y descongelación de un alimento, fueron leídos en condiciones que implicaban diferentes metas de lectura. En una de ellas los alumnos leían los párrafos con propósito de comprenderlos y contestar a continuación a una prueba de comprensión igual que otras ya realizadas anteriormente en la asignatura. En otra condición, leían los mismos párrafos con un pequeño añadido en el que se solicitaba, por ejemplo, el cálculo de la velocidad del barco de vela a partir de datos que se proporcionaban en el texto. El propósito de la lectura era, por tanto, resolver a continuación el problema. Los resultados de los dos experimentos fueron consistentes al mostrar que los alumnos reconocían con más frecuencia obstáculos explicativos cuando la tarea era comprender, que cuando la tarea era resolver. Los alumnos eran más conscientes de que necesitaban explicaciones sobre los objetos y procesos en la primera tarea que en la segunda, aun cuando la resolución de un problema implique, obviamente, una comprensión del enunciado.

Morgado, Otero, Vaz-Rebello, Sanjosé y Caldeira (2014) encontraron resultados convergentes en un estudio en el que participaron alumnos del último año de la enseñanza secundaria portuguesa que estaban siguiendo una asignatura de Física. Se comparó el efecto de una tarea de lectura que consistía en comprender un texto procedimental con otra en la que la lectura tenía el propósito de llevar a cabo el experimento descrito. Los dos pasajes utilizados incluían un fenómeno sorprendente para los alumnos que participaron en el experimento, ya que implicaba relaciones causales que no eran fácilmente comprensibles. Por ejemplo, uno de los textos describía el funcionamiento del ludión, en el que un aumento de la presión sobre el recipiente flexible en el que se encuentra lleva a su hundimiento. Por tanto, los textos ofrecían claras oportunidades para encontrar obstáculos explicativos. Los resultados mostraron que los alumnos participantes eran conscientes de más obstáculos explicativos en la condición de comprender que en la condición de experimentar. Para los alumnos era menos importante encontrar explicaciones cuando leían los textos con el propósito de llevar a cabo el experimento descrito que cuando los leían para comprender. El resultado es consistente con otros que muestran la falta de efectividad del trabajo tradicional de laboratorio, como el que posiblemente esperaban realizar los alumnos participantes, en la comprensión profunda de la ciencia. Muchos estudiantes no saben por qué experimentan en los laboratorios tradicionales, más allá de seguir las instrucciones proporcionadas por el profesor (Abrahams y Millar, 2008; Hodson, 1991). Por tanto, la incompreensión consciente en esta situación es de muy diferente calidad que la que resulta en una tarea en la que el alumno persiga conscientemente una comprensión profunda.

En otro estudio en el que se manipulaban las metas de procesamiento, Graesser, Langston y Baggett (1993) analizaron las preguntas formuladas por alumnos de los primeros años de universidad que utilizaban un sistema informático de aprendizaje. Mediante este sistema, los alumnos adquirían información sobre instrumentos musicales de viento como respuesta a las preguntas que ellos mismos efectuaban. Se comparaban las preguntas asociadas a dos tareas de diferente exigencia. En la tarea más exigente, los alumnos debían adquirir conocimiento necesario para diseñar un instrumento de viento. En la otra, debían simplemente componer una banda de instrumentos de viento para tocar en una fiesta, una tarea que requería solamente conocimiento superficial. Las preguntas de tipo causal eran más frecuentes en el primer caso y, además, aumentaban con el tiempo. Sin embargo estas preguntas eran menos frecuentes para la segunda tarea y, además, permanecían constantes a lo largo del tiempo. Por

tanto, la ignorancia consciente puesta de manifiesto por las preguntas era de distinta naturaleza bajo las dos condiciones. La primera tarea alentaba una ignorancia consciente sobre relaciones de tipo causal, relativamente profunda, mientras que la segunda tarea se asociaba a una ignorancia más superficial, ligada a conocer características elementales de las entidades que intervenían en la situación.

Como se explica más arriba en relación con la formulación de preguntas sobre textos, la influencia de las metas en el reconocimiento de la ignorancia está estrechamente relacionada con las características de la representación mental que un alumno intenta construir. Una característica de esta representación especialmente vinculada con el reconocimiento de la ignorancia es su coherencia. Esencialmente, la coherencia se refiere a los lazos que el lector es capaz de establecer entre los elementos en la representación mental del texto. Estos lazos, y, por tanto, la coherencia pueden ser facilitados en mayor o menor medida por los lazos explícitos existentes en el texto, es decir por su cohesión (Ozuru, Dempsey y McNamara, 2009). Pero dado un texto con una cierta cohesión, un alumno puede exigir mayor o menor coherencia a la representación mental que intenta crear. Para explicar las diferencias en coherencia entre las representaciones mentales de un mismo texto se ha postulado la existencia de diversos criterios o estándares de coherencia exigidos por los lectores (van Oostendorp, 1994). Estos criterios son un tercer tipo de variables que influyen en la ignorancia consciente, y que consideramos a continuación.

### Los criterios de coherencia utilizados por los estudiantes

La influencia de los criterios de coherencia en la ignorancia consciente se pone de manifiesto más claramente, de nuevo, en la detección de obstáculos al procesar un texto. Los primeros trabajos psicológicos sobre el tratamiento de la información disonante ya mostraron que los individuos tienen diferentes grados de tolerancia a las inconsistencias (Miller y Rokeach, 1968). Como resultado, lo que no es entendido por algunos lectores puede ser aceptable para los demás. Esta variabilidad en los criterios de valoración de la coherencia en el procesamiento de textos ha sido abordada por varios investigadores en el área de la comprensión del discurso. Van Oostendorp (1994) propuso que los lectores evalúan la cohesión semántica de un texto por comparación con patrones internos, de forma que generan inferencias cuando leen frases que resultan incoherentes hasta que alcanzan un nivel de coherencia que satisfaga el criterio. Van den Broek, Risden y Husebye-Hartmann (1995) también examinaron el papel de los criterios de coherencia en la definición de lo que no se entiende. Sugieren que los lectores emplean criterios de coherencia que influyen en los tipos de inferencias que pueden hacer.

Otero y Campanario (1990) estudiaron estos procesos de generación de inferencias puestos en marcha por alumnos de enseñanza secundaria, de 16 y de 18 años, que procesaban frases contradictorias como «Las uniones interatómicas en las cerámicas son fuertes y rígidas... Las cerámicas son frágiles porque las uniones interatómicas en ellas son débiles y no rígidas». Los alumnos tenían instrucciones de evaluar la comprensibilidad de estos textos y de subrayar las frases en las que tuviesen dificultades de comprensión. La tolerancia de las inconsistencias variaba entre los alumnos, con algunos que indicaban que «Encontré la contradicción pero pensé que no era importante... por eso no la subrayé... Solamente subrayé lo que no entendía...» (Otero y Campanario, 1990: 452), mientras que para otros (un 19% de los alumnos de 16 años y un 58% de los de 18 años) las contradicciones merecían una mención explícita como problema, y el consiguiente subrayado. Las diferencias podrían explicarse por los distintos criterios de coherencia mantenidos por los alumnos: lo que es aceptable para unos lectores es inaceptable para otros. Otero (2002) sintetizó estos y otros resultados en un modelo de regulación de la comprensión de textos. La consciencia de la incomprensión depende de la relación entre la coherencia autopercebida en la representación mental de un texto, y el nivel de coherencia exigido. Este último depende de variables individuales, del tipo de texto, de la tarea de lectura, o de variables contextuales.

El papel de estos criterios en la definición de lo que no se comprende también se pone de manifiesto al comparar la identificación de anomalías en el pensamiento científico y en el pensamiento cotidiano. Los criterios de coherencia en las representaciones del mundo producidas por la ciencia son muy diferentes de los utilizados en el pensamiento de la vida diaria (Reif y Larkin, 1991). Los criterios de coherencia en la ciencia requieren representaciones externas, plasmadas en los documentos en los que se codifica el conocimiento científico, así como internas, en las mentes de los científicos, donde los fenómenos observados se deducen rigurosamente de un pequeño número de premisas básicas. Este no es el caso del pensamiento cotidiano, que por lo general implica creencias fragmentarias, relativamente inconsistentes, y, por tanto, de baja coherencia, construidas con conceptos abstractos, relativamente vagos.

De hecho, algunos de los errores conceptuales cometidos por los principiantes en el estudio de las ciencias son causados al interrelacionar conceptos científicos de la manera imprecisa en que los conceptos abstractos, no científicos, se utilizan en el pensamiento cotidiano (Mateus y Otero, 2011). Muchos de estos conceptos abstractos de la vida diaria tienen la propiedad de ser compatibles con un gran número de hechos. Por ejemplo, un alumno del primer curso de una carrera de ciencias en la universidad puede explicar, en términos cotidianos, que el cable de un ascensor que desciende con velocidad constante «*contrarresta* la fuerza debida al peso» (Otero, Pérez de Landazábal, Mateus e Ishiwa, 2015). «*Contrarrestar*» es un concepto vago, utilizado en la vida diaria, con las acepciones, según el DRAE, de «resistir» o «neutralizar». En esta situación, «*contrarresta*» podría significar que la fuerza debida al cable es de sentido opuesto al peso, aunque no lo equilibre («resiste»), o que es igual y de sentido opuesto (lo «neutraliza»). Por eso, resulta más difícil identificar anomalías en esta clase de construcciones del pensamiento cotidiano que en el pensamiento científico. En el pensamiento cotidiano los conceptos son lo suficientemente flexibles como para acomodarse a una variedad de situaciones. En el caso del ascensor, la fuerza que «*contrarresta*» podría ser menor que la del peso, es decir, podría «resistir» resultando en un movimiento acelerado, o podría ser igual, «neutralizando», con el resultado de un movimiento uniforme. La relativa ventaja de una descripción vaga es que permite relacionarla con diversos estados de cosas en el mundo, en contraposición a las descripciones precisas, como las que intenta hacer la ciencia (Russell, 1923). Esto implica que la ignorancia consciente, en forma de anomalías reconocidas, es más probable que aparezca en el último sistema de pensamiento, con criterios de coherencia más estrictos, que en el primero, suponiendo que todos los demás factores se mantienen iguales.

## Otras variables

En los apartados anteriores se han examinado solamente tres de las variables que influyen en la ignorancia que un alumno puede construir sobre los contenidos científicos. Pero, con toda probabilidad, existen otras que influyen también en esta construcción, y cuyo examen excedería los límites de esta presentación. Por ejemplo, un alumno de segundo curso de enseñanza primaria en el estudio de Caldeira *et al.* (2002), mencionado más arriba, era consciente de su desconocimiento sobre la relación entre el movimiento del agua de mar y animales marinos como las ballenas y los tiburones: *¿Se mueve (el mar) por las ballenas y los tiburones?* Desconocimiento como el expresado en esta pregunta es difícil de predecir sin tener en cuenta variables como el interés, en este caso, por los animales, que influiría en la ignorancia de que es consciente un alumno de esta edad. Baram-Tsabari y Yarden (2007) estudiaron precisamente el interés de los alumnos a través de sus expresiones de ignorancia manifestada mediante preguntas. En este y otros estudios (Baram-Tsabari y Yarden, 2005; Baram-Tsabari, Sethi, Bry y Yarden, 2006) los investigadores encontraron que el interés y la consciencia de desconocimiento de contenidos del área de la zoología eran mayores en el nivel primario, descendiendo a medida que aumentaba la edad. Sin embargo, aumentaba el interés por las preguntas sobre temas relacionados con

la biología humana. Por tanto, la ignorancia manifestada mediante preguntas aparece ligada al interés por diversos temas.

Otra variable con influencia en la consciencia de la ignorancia es el formato de la información proporcionada, es decir, el tipo de representación externa utilizado para presentar la información. Sanjosé, Torres y Soto (2013) examinaron la ignorancia consciente, manifestada mediante preguntas efectuadas por alumnos de enseñanza secundaria de España y de Colombia de edades comprendidas entre 15 y 17 años. Para ello, analizaron las preguntas que efectuaban estos alumnos sobre fenómenos como el hundimiento del ludió, estudiado también en los trabajos de Morgado *et al.* (2012) y de Torres *et al.* (2012) mencionados más arriba. Los fenómenos se presentaban a los alumnos en tres condiciones experimentales: descritos en un texto, en una película corta, o directamente en el laboratorio con posibilidad de manipulación. Los resultados muestran la influencia del medio de presentación en la ignorancia manifestada a través de preguntas. Por ejemplo, los alumnos hacen más preguntas del tipo *¿Por qué...?*, es decir, son más conscientes de su ignorancia sobre las relaciones causales cuando los fenómenos son presentados directamente en el laboratorio que en las otras dos condiciones. Y hacen más preguntas del tipo *¿Qué pasará después...?* o *¿Qué pasa si...?*, que expresan ignorancia de las consecuencias, cuando adquieren información sobre los fenómenos observando la película. Por tanto, el trabajo de laboratorio utilizado en este estudio, a diferencia del trabajo experimental aparentemente más rutinario que se examina en el trabajo de Morgado *et al.* (2012), ayuda a los alumnos a ser conscientes de su desconocimiento de las causas de los fenómenos. La visualización de los fenómenos, sin embargo, lleva a un mayor número de preguntas sobre predicciones que la simple descripción escrita o incluso que la manipulación experimental.

Por tanto, variables como el interés o el medio de representación de la información, no considerados en detalle en esta revisión, seguramente deberán ser tenidas en cuenta en cualquier programa instruccional de desarrollo de la capacidad para explicitar la ignorancia o de generación de preguntas sobre contenidos científicos.

## CONCLUSIONES

La consciencia de la ignorancia tiene efectos positivos que se han descrito en la sección introductoria de este artículo. Alumnos más conscientes de lo que no saben implican alumnos más competentes en el nivel metacognitivo. Y las destrezas metacognitivas se han revelado como variables de suma importancia en la predicción del éxito académico (Wang, Haertel y Walberg, 1993). Los resultados presentados en los apartados anteriores permiten sintetizar algunas orientaciones para una mejor consideración del papel de la ignorancia consciente por los profesores de ciencias, y para el desarrollo de alumnos más conscientes de su propio desconocimiento e incomprensión.

En primer lugar, es difícil esperar una ignorancia elaborada sobre los fenómenos estudiados en las clases de ciencias si el alumno tiene un conocimiento escaso sobre estos fenómenos. El conocimiento, como se ha indicado más arriba, juega un papel determinante en lo que un alumno es consciente de lo que no conoce o no comprende. Esto refuerza la utilidad de la autoevaluación y de la evaluación diagnóstica de los estudiantes, no solamente para saber lo que ya conocen, sino también para saber lo que son capaces de desconocer, es decir las preguntas o problemas que son capaces de plantear. El profesor interesado en enfoques de la enseñanza basados en la investigación tiene que esperar que bajos niveles de conocimiento, en los estadios iniciales del aprendizaje de un tema, den lugar a una ignorancia poco definida, que se expresará a través de preguntas difusas e imprecisas (Otero y Gallástegui, 2016). A medida que se avanza en el estudio es previsible que los alumnos sean capaces de identificar obstáculos mejor definidos y realizar preguntas más profundas.

En segundo lugar, a igualdad de conocimiento los alumnos manifiestan uno u otro tipo de ignorancia consciente dependiendo de la tarea a la que se enfrenten y la meta de procesamiento que persigan. Algunas tareas, como el trabajo rutinario de laboratorio, son poco eficaces en la promoción de ignorancia consciente sobre las relaciones causales en los fenómenos científicos considerados, como muestran los resultados mencionados más arriba. El nivel de indagación del trabajo de laboratorio, medido mediante el esquema tradicional de Schwab (1962; Herron, 1971; Tamir y García Rovira, 1992), distingue entre proporcionar al alumno uno, dos o los tres elementos implicados en la realización de una experiencia: el problema, el método y los medios, y la respuesta. Está claro que los bajos niveles de indagación de un laboratorio tradicional en el que se proporcionen los tres elementos (por ejemplo, comprobar que la aceleración de la gravedad es  $9,8 \text{ m/s}^2$ , siguiendo un procedimiento y medios especificados) proporcionan menos oportunidades para la consciencia del propio desconocimiento e incomprensión que los laboratorios en los que el alumno debe reflexionar sobre el método o la pregunta objeto de su trabajo.

Además, en varios de los estudios citados anteriormente se pone sistemáticamente de manifiesto la dificultad que tienen los alumnos, independientemente de la tarea, para reconocer su ignorancia sobre las predicciones o consecuencias de un fenómeno, a juzgar por las escasas preguntas que hacen sobre ellas. Los resultados del trabajo de Sanjosé *et al.* (2013) sobre el efecto positivo de la visualización en el reconocimiento de este tipo de ignorancia ofrecen una vía de mejora de la consciencia del desconocimiento de las consecuencias de los fenómenos, una habilidad esencial en el razonamiento científico (Lavoie, 1999).

En tercer lugar, debe reconocerse la importancia de variables individuales, como los criterios de coherencia mantenidos por los alumnos, en la detección de anomalías y, por tanto, en la consciencia de la propia ignorancia. Variables de esta clase están relacionadas probablemente con características de personalidad estudiadas por la psicología bajo constructos como la «necesidad de cognición» (Cacioppo y Petty, 1982), es decir, el grado en que los sujetos se involucran en el raciocinio y exigen comprensibilidad en sus representaciones del mundo, o como la «necesidad de cierre cognitivo» (Kruglanski & Webster, 1996), en otras palabras, la necesidad que tiene un individuo de recibir respuestas claras y el desagrado de la ambigüedad. Estas variables, difíciles de modificar a corto plazo, exigen probablemente actuaciones en los niveles básicos de enseñanza para evitar que los alumnos se acostumbren a representaciones ininteligibles de los contenidos escolares de ciencias. Una enseñanza inapropiada de la ciencia que conduzca al aprendizaje memorístico en los estadios tempranos de la educación no solamente resulta inútil por llevar, en el mejor de los casos, a «conocimiento inerte» (Renkl, Mandl y Gruber, 1996), sino que muy probablemente contribuye a un deterioro de los criterios de coherencia que un alumno exigirá en el futuro a sus representaciones mentales.

En resumen, promover la ignorancia consciente de los alumnos depende de la comprensión de variables como las que se acaban de examinar, y de una actuación apropiada sobre ellas. Esta actuación, en el caso de alguna de las variables consideradas anteriormente, parece una tarea tan importante como difícil. Por ejemplo, ¿cómo enseñar a los alumnos a exigir coherencia en sus representaciones mentales? Averiguar cómo se debe actuar para lograr alumnos más conscientes de lo que no saben o no comprenden parece una tarea de interés para la investigación educativa, especialmente en el área de las ciencias.

## REFERENCIAS

- ABRAHAMS, I. y MILLAR, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30, pp. 1945-1969.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500690701749305>
- BARAM-TSABARI, A.; SETHI, R. J.; BRY, L. y YARDEN, A. (2006). Using questions sent to an Ask-A-Scientist site to identify children's interests in science. *Science Education*, 90 (6), pp. 1050-1072.  
<http://dx.doi.org/10.1002/sce.20163>
- BARAM-TSABARI, A. y YARDEN, A. (2005). Characterizing children's spontaneous interests in science and technology. *International Journal of Science Education*, 27(7), pp. 803-826.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500690500038389>
- (2007). Interest in biology: A developmental shift characterized using self-generated questions. *The American Biology Teacher*, 69 (9), pp. 532-540.  
[http://dx.doi.org/10.1662/0002-7685\(2007\)69\[532:IIBADS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1662/0002-7685(2007)69[532:IIBADS]2.0.CO;2)  
<http://dx.doi.org/10.2307/4452223>
- CACIOPPO, J. T. y PETTY, R. E. (1982) The need for cognition. *Journal of Personality and Social Psychology*, 42, pp. 116-131.  
<http://dx.doi.org/10.1037/0022-3514.42.1.116>
- CALDEIRA, M. H., MACÍAS, A., MATURANO, C., MENDOZA, A. y OTERO, J. (2002). *Incomprehension and question-asking on natural phenomena described in texts or presented in films*. Comunicación presentada en Annual Meeting of the American Educational Research Association: Validity and value in education research. Nueva Orleans. 1-5 Abril.
- CAMPANARIO, J. M. (2000). El desarrollo de la Metacognición en el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), pp. 369-380.
- CHIN, C. y KAYALVIZHI, G. (2002). Posing problems for open investigations: What questions do pupils ask? *Research in Science & Technological Education*, 20(2), pp. 269-287.  
<http://dx.doi.org/10.1080/0263514022000030499>
- CHIN, C. y OSBORNE, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44, pp. 1-39.  
<http://dx.doi.org/10.1080/03057260701828101>
- EINSEDEL, E. F. y THORNE, B. (1999). Public responses to uncertainty. En S. M. Friedman, S. Dunwoody y C. L. Rogers (Eds.), *Communicating uncertainty: Media coverage of new and controversial science* (pp. 43-58). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- EINSTEIN, A. y INFELD, L. (1996). *La física aventura del pensamiento* (17.ª edición). Buenos Aires: Losada (publicado originalmente en 1939).
- FLAMMER, A. (1981). Towards a theory of question asking. *Psychological Research*, 43, pp. 407-420.  
<http://dx.doi.org/10.1007/BF00309225>
- GALLAS, K. (1995). *Talking their way into science: Hearing children's questions and theories, responding with curricula*. New York: Teachers College Press.
- GRAESSER, A. C.; LANGSTON, M. C. y BAGGET, W. B. (1993). Exploring information about concepts by asking questions. En G. V. Nakamura, R. M. Taraban, y D. Medin (Eds.). *The psychology of learning and motivation: Categorization by humans and machines* (Vol. 29, pp. 411-436). Orlando, FL: Academic Press.  
[http://dx.doi.org/10.1016/s0079-7421\(08\)60147-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0079-7421(08)60147-4)

- GRAESSER, A. C. y OLDE, B. A. (2003). How does one know whether a person understands a device? The quality of the questions the person asks when the device breaks down. *Journal of Educational Psychology*, 95(3), pp. 524-536.  
<http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.95.3.524>
- GRAESSER, A. C.; OLDE, B.; POMEROY, V.; WHITTEN, S.; LU, S. y CRAIG, S. (2005). Inferencias y preguntas en la comprensión de textos científicos. *Tarbiya*, 36, pp. 103-128.
- GRAESSER, A. C., SINGER, M. y TRABASSO, T. (1994). Constructing inferences during narrative text comprehension. *Psychological Review*, 3, pp. 371-395.  
<http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.101.3.371>
- GROSS, M. (2007). The unknown in process: Dynamic connections of ignorance, non-knowledge and related concepts. *Current Sociology*, 55, pp. 742-59.  
<http://dx.doi.org/10.1177/0011392107079928>
- HERRON, M.D. (1971). The nature of scientific enquiry. *School Review*, 79, pp. 171-212.  
<http://dx.doi.org/10.1086/442968>
- HMELO-SILVER, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), pp. 235-266.  
<http://dx.doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- HODSON, D. (1991). Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, pp. 175-184.  
<http://dx.doi.org/10.1080/03057269108559998>
- ISHIWA, K.; SANJOSÉ, V. y OTERO, J. (2013). Questioning and reading goals: Information-seeking questions asked on scientific texts read under different task conditions. *British Journal of Educational Psychology*, 83, pp. 502-520.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.2044-8279.2012.02079.x>
- JAEGER, C. C.; RENN, O.; ROSA, E. A. y WEBLER, T. (2001). *Risk, uncertainty, and rational action*. Sterling, VA: Earthscan.
- KRUGLANSKI, A. W. y WEBSTER, D. M. (1996). Motivated closing of the mind: «seizing» and «freezing». *Psychological Review*, 103, pp. 263-283.  
<http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.103.2.263>
- LAVOIE, D. R. (1999). Effects of emphasizing hypothetico-predictive reasoning within the science learning cycle on high school student's process skills and conceptual understandings in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, pp. 1127-1147.  
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199912\)36:10<1127::AID-TEA5>3.0.CO;2-4](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199912)36:10<1127::AID-TEA5>3.0.CO;2-4)  
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199912\)36:10<1127::AID-TEA5>3.3.CO;2-W](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199912)36:10<1127::AID-TEA5>3.3.CO;2-W)
- LEE, H. y CHO, Y. (2007). Factors affecting problem finding depending on degree of structure of problem situation *The Journal of Educational Research*, 101, pp. 113-124.  
<http://dx.doi.org/10.3200/JOER.101.2.113-125>
- MÁRQUEZ BARGALLO, C. y ROCA TORT, M. (2009). Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, 18(45), pp. 63-71.
- MASKILL, R. y PEDROSA DE JESUS, M. H. (1997). Pupils' questions, alternative frameworks and the design of science teaching. *International Journal of Science Education*, 19(7), pp. 781-799.  
<http://dx.doi.org/10.1080/0950069970190704>
- MATEUS, G. y OTERO, J. (2011). A Comparison of the Memory Content of Scientific Concepts and Non-Scientific Concepts in Beginning University Science Students. *Educational Psychology*, 31, pp. 675-690.  
<http://dx.doi.org/10.1080/01443410.2011.592489>

- MATURANO, C.; ISHIWA, K.; MACÍAS, A. y OTERO, J. (2015). Ignorancia consciente en el aprendizaje de las ciencias I: Qué saben los alumnos que no comprenden de un texto científico. *Enseñanza de las Ciencias*, 33 (3), pp. 7-22.  
<http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1718>
- MILLER, G. R. y ROKEACH, M. (1968). Individual differences and tolerance for inconsistency. En R. Abelson, E. Aronson, W. McGuire, T. Newcomb, M. Rosenberg, y P. Tannenbaum (Eds.), *Theories of cognitive consistency: A sourcebook* (pp. 624-632). Chicago: Rand McNally
- MILLS, C. B.; DIEHL, V. A.; BIRKMIER, D. P. y MOU, L. (1995). Reading procedural texts: Effects of purpose for reading and predictions of reading comprehension models. *Discourse Processes*, 20, pp. 79-107.  
<http://dx.doi.org/10.1080/01638539509544932>
- MIYAKE, N. y NORMAN, D. A. (1979). To ask a question one must know enough to know what is not known. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, pp. 357-364.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5371\(79\)90200-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5371(79)90200-7)
- MONTALVO, F. T. y GONZÁLEZ-TORRES, M. C. (2004). El aprendizaje autorregulado: presente y futuro de la investigación. *Electronic journal of research in educational psychology*, 2(3), pp. 1-34.
- MORGADO, J.; OTERO, J.; VAZ-REBELO, P.; SANJOSÉ, V. y CALDEIRA, H. (2014). Detection of explanation obstacles in scientific texts: the effect of an understanding task versus an experiment task. *Educational Studies*, 40(2), pp. 164-173.  
<http://dx.doi.org/10.1080/03055698.2013.866888>
- OTERO, J. (2002). Noticing and fixing difficulties in understanding science texts. En J. Otero, J.A. León, A. Graesser (Eds.). *The Psychology of Science Text Comprehension* (pp. 281-307). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- OTERO, J. y CAMPANARIO, J. M. (1990). Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 5, pp. 447-460.  
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660270505>
- OTERO, J., y GALLÁSTEGUI, J. R. (2016). Knowledge gaps on objects about which little is known: Lack of knowledge leads to questioning on basic levels of an ontological branch. *Learning and Individual Differences*, [publicación electrónica anterior a la impresa].  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2015.11.009>
- OTERO, J. y ISHIWA, K. (2014). Cognitive processing of ignorance. En D. N. Rapp y L. G. Jason (Eds.). *Processing inaccurate information: Theoretical and applied perspectives from cognitive science and the educational sciences*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- OTERO, J.; PÉREZ DE LANDAZÁBAL, M. C.; MATEUS, G. y ISHIWA, K. (2015). Enseñar física sobre bases inseguras: errores básicos en el almacenamiento y en el uso de conceptos de la física introductoria en la universidad. Manuscrito en preparación.
- OZURU, Y.; DEMPSEY, K. y MCNAMARA, D. S. (2009). Prior knowledge, reading skill, and text cohesion in the comprehension of science texts. *Learning and Instruction*, 19(3), pp. 228-242.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.04.003>
- PARADIS, L. y PEVERLY, S. (2003). The effects of knowledge and task on students peer-directed questions in modified cooperative learning groups. *Child Study Journal*, 33, pp. 117-136.
- REIF, F. y LARKIN, J. (1991). Cognition in Scientific and Everyday Domains: Comparison and Learning Implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, pp. 733-760.  
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660280904>
- RENKL, A.; MANDL, H. y GRUBER, H. (1996). Inert knowledge: Analyses and remedies. *Educational Psychologist*, 31 (2), pp. 115-121.  
[http://dx.doi.org/10.1207/s15326985ep3102\\_3](http://dx.doi.org/10.1207/s15326985ep3102_3)

- RUSSELL, B. (1923). Vagueness. *The Australasian Journal of Psychology and Philosophy*, 1(2), pp. 84-92. <http://dx.doi.org/10.1080/00048402308540623>
- SANJOSÉ, V.; TORRES, T. y SOTO, C. (2013). Effects of Scientific Information Format on the Comprehension Self-Monitoring Processes: Question Generation//Efectos del formato en que se presenta la información científica sobre la autorregulación de los procesos de comprensión. *Revista de Psicodidáctica/Journal of Psychodidactics*, 18, pp. 293-311. <http://dx.doi.org/10.1387/RevPsicodidact.4623>
- SCARDAMALIA, M. y BEREITER, C. (1992). Test-based and knowledge-based questioning by children. *Cognition and Instruction*, 9, pp. 177-199. [http://dx.doi.org/10.1207/s1532690xci0903\\_1](http://dx.doi.org/10.1207/s1532690xci0903_1)
- SCHWAB, J. J. (1962). The teaching of science as enquiry. En J.J. Schwab y P.F. Brandwein (Eds.). *The teaching of science* (pp. 3-103). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- SMITHSON, M. (2008). The Many Faces and Masks of Uncertainty. En G. Bammer y M. Smithson (Eds.) *Uncertainty and risk: multidisciplinary perspectives* (pp. 13-25). Londres: Earthscan.
- STOCKING, S. H., y HOLSTEIN, L. S. (1993). Constructing and reconstructing scientific ignorance. *Knowledge: Creation, Diffusion, Utilization*, 15, pp. 186-210.
- TAMIR, P. y GARCÍA ROVIRA, M. P. (1992). Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de textos de Ciencias utilizados en Cataluña. *Enseñanza de las Ciencias*, 10, pp. 3-12.
- TORRES, T.; DUQUE, J.; ISHIWA, K.; SÁNCHEZ, G.; SOLAZ-PORTOLÉS, J. J. y SANJOSÉ, V. (2012). Preguntas de los estudiantes de Educación Secundaria ante dispositivos experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), pp. 49-60.
- VAN DEN BROEK, P.; LORCH, R. F.; LINDERHOLM, T. y GUSTAFSON, M. (2001). The effects of readers' goals on inference generation and memory for texts. *Memory & Cognition*, 29, pp. 1081-1087. <http://dx.doi.org/10.3758/BF03206376>
- VAN DEN BROEK, P.; RISDEN, K. y HUSEBYE-HARTMANN, E. (1995). The role of readers' standards for coherence in the generation of inferences during reading. En R. F. Lorch y E. J. O'Brien (Eds.), *Sources of coherence in reading* (pp. 353-373). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- VAN DER MEIJ, H. (1990). Question asking: To know that you do not know is not enough. *Journal of Educational Psychology*, 82, pp. 505-512. <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.82.3.505>
- VAN OOSTENDORP, H. (1994). Text processing in terms of semantic cohesion monitoring. En van Oostendorp y R. A. Zwaan (Eds.), *Naturalistic text comprehension*. Norwood, NJ: Ablex.
- VAZ, P.; FERNANDES, P.; MORGADO, J.; MONTEIRO, A. y OTERO, J. (2014). Students' conscious unknowns about artefacts and natural objects. *Educational Psychology*, [publicación electrónica anterior a la impresa] pp. 1-15. <http://dx.doi.org/10.1080/01443410.2014.916398>
- WANG, M. C.; HAERTEL, G. D. y WALBERG, H. J. (1993). Toward a knowledge base for school learning. *Review of educational research*, 63(3), pp. 249-294. <http://dx.doi.org/10.3102/00346543063003249>

---

# Conscious ignorance in learning science II: factors influencing what students know that they do not know

Piedade Vaz-Rebelo  
Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação.  
Rua do Colégio Novo, 3000-115 Coimbra, Portugal  
pvaz@mat.uc.pt

Paula Fernandes  
Escola E B 2,3 Dr.Abranches Ferrão. Seia, Portugal  
pcssf@sapo.pt

Julia Morgado  
Escola Secundária Santa Maria do Olival. Tomar, Portugal  
juliaqm@netcabo.pt

José Otero  
Departamento de Física y Matemáticas, Universidad de Alcalá.  
28871 Alcalá de Henares, Madrid, España  
jose.otero@uah.es

Much research in science education has focused on the processes of knowledge building and comprehension of scientific content. However, the positive roles of what is unknown or not understood have received much less attention. This article is the second one of two reviews that analyse what students may not consciously know or may not understand about science content. The first paper focused on the components and structure of incomprehension. This second paper examines in turn the variables influencing what is consciously not known or not understood. In the first place, we analyse the role played by knowledge in building what is not known or not understood. Research shows that more knowledge allows learners to generate more precise unknowns and well defined incomprehension. Next, we examine the effect of tasks and the associated goals on the awareness of lack of knowledge or incomprehension. Regarding reading tasks, for instance, reading for comprehension has been shown to result in a greater awareness of explanation obstacles than reading in order to solve simple problems or to perform traditional laboratory experiments. The awareness of different comprehension obstacles could be explained in terms of different mental representations attempted by readers under diverse task conditions. In the third place, we look at the coherence standards used by learners when building mental representations based on the information provided. Stringent standards of coherence are requested in scientific representations of the world, compared to the lax standards frequently used in everyday thinking and reasoning. This leads to different awareness of anomalies, lack of knowledge and incomprehension. Finally, other variables influencing conscious ignorance, such as interest or type of external representation, are briefly mentioned. The paper ends with implications for teaching aimed at improving science students' awareness of what they do not know or do not understand.

